

## CÁLCULO DE CUENCA VERTIENTE A PARTIR DE UN DTM

Manuel Loro (2012).

El ejercicio consiste en realizar una delimitación de una cuenca hidrológica a partir de la información de un modelo digital del terreno (Digital Terrain Model, DTM). Para ello, vamos a utilizar el módulo hidrológico de ArcGIS que está dentro de Spatial Analyst Toolbox.

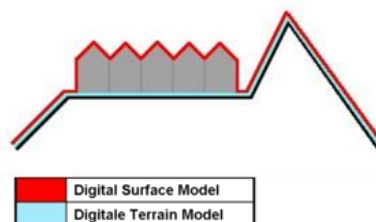
Este proceso es útil si queremos delimitar límites topográficos basados en las cuencas vertientes de un área de estudio. Usaremos los siguientes datos:

**DTM:** raster con valores de elevación correspondientes a la superficie del terreno (tamaño de píxel). Este raster lo elaboraremos nosotros con dos archivos en formato ASCII (.asc) que descargaremos de <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/>

**Seccion\_salida\_Arratiecho.shp:** sección de salida de la cuenca en estudio.

Datos que obtendremos a partir del DEM:

- **Fill:** raster grid de las zonas donde se localizan las depresiones del DEM. Estas zonas tendrán los pequeños sumideros (sinks) rellenos para no afectar al cálculo de la cuenca vertiente.
- **FlowDir:** raster grid que indica la dirección del flujo para cada celda. Para su cálculo, ArcGIS tiene en cuenta el valor de elevación de las celdas vecinas.
- **FlowAcc:** raster grid que muestra donde el agua se acumulará con mayor probabilidad en una red de drenaje).
- **Drainage:** raster resultante de aplicar un umbral al flujo acumulado FlowAcc.
- **Drainage.shp:** shp lineal final obtenido de convertir el drenaje en capa vectorial.
- **Drain\_end.shp:** shp de puntos resultante de convertir la capa Drainage.shp en vértices finales.
- **Watersheds:** raster grid de las cuencas vertientes que acaban en los puntos de drenaje fijados por Drain\_end.shp.
- **Cuenca.shp:** delimitación de las cuencas de la zona a partir de la herramienta BASIN.



Fuente: Wikipedia.

El MDT no toma en cuenta los objetos que se encuentran sobre el terreno, como las plantas y los edificios. Un Modelo Digital de Elevación es una representación de las elevaciones sobre un terreno, incluyendo las plantas y los edificios. Fuente: Wikipedia.

Podemos descargar Digital Surface Model, DSM (también conocidos como Digital Elevation Models, DEM o Modelo Digital de Elevaciones, MDE) de la siguiente web:

<http://www.ign.es/ign/layoutIn/modeloDigitalTerreno.do>

Para descargar Digital Terrain Model (DTM) o Modelo Digital del Terreno (MDT), podemos descargarlo de (hay que darse de alta): <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/>

## RESOLUCIÓN

### 1 Preparación de las condiciones de modelo

Dado que todas las operaciones se van a ejecutar en Model Builder, lo primero que vamos a hacer es ir a Model properties>pestaña Environments y estableceremos la zona de procesamiento (Processing Extent), que corresponderá con el shapefile **Arratiecho.shp**, y los fijaremos las carpetas de trabajo (Workspace), fijando el espacio de trabajo temporal para escribir datasets intermedios (Scratch Workspace) y el espacio de trabajo actual (Current Workspace), fijando el espacio de trabajo para la ubicación predeterminada para las entradas y salidas de la herramienta de geoprocetamiento.

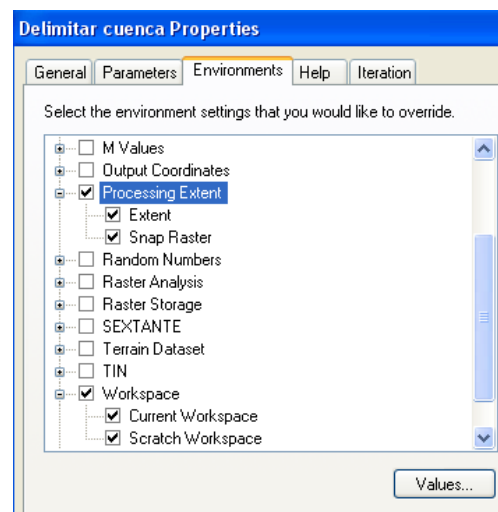


Fig. 1. Antes de iniciar el modelo, fijaremos las propiedades de éste en Environments.

### 2 Preparar del DTM

Lo primero que haremos será crear un DTM con toda la información disponible para el término municipal de Biescas.

Tras descargar el archivo ascii (.asc) del municipio desde la web del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG), transformaremos los ficheros “.asc” a raster.

Para ello, utilizaremos la herramienta ASCII to Raster (Conversion tools>To Raster> ASCII to raster).

Posteriormente, vamos a unir todos los Raster creados en uno solo. Para ello, usaremos la herramienta Mosaic to New Rasters (Data Management Tools> Rasters > Raster Data Set > Mosaic to New Raster). Elegiremos los parámetros mostrados en la Fig. 2.

NOTA: 16\_BIT\_SIGNED. Los valores del raster podrán ir desde 32,768 a 32,767.

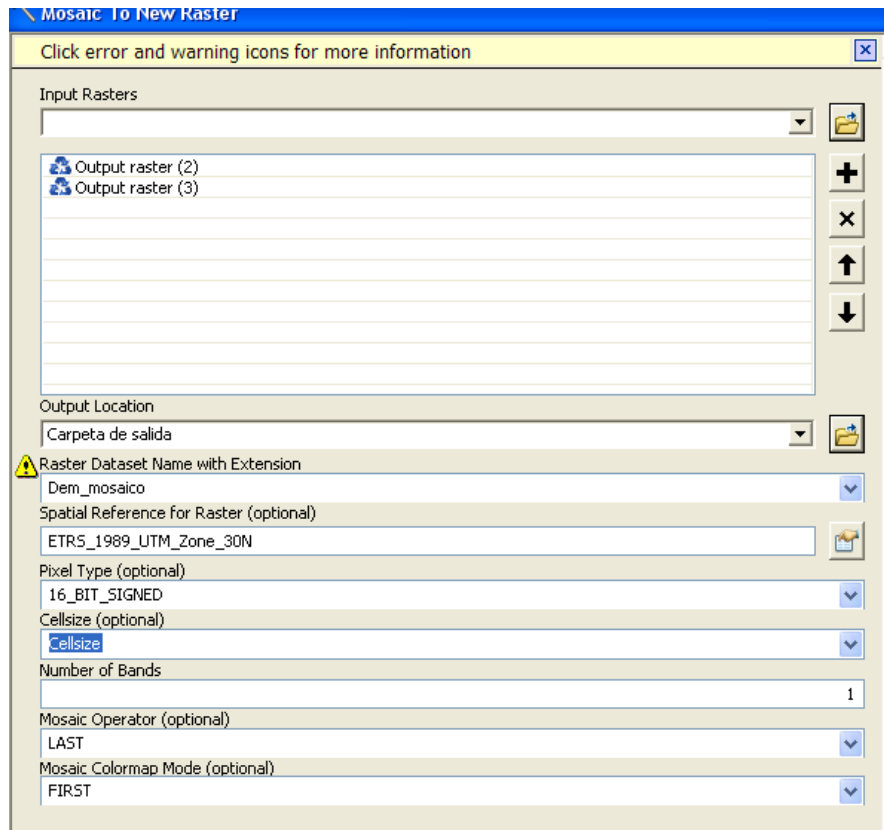


Fig. 2. Ventana de la herramienta Mosaic to New Raster.

### 3 Relleno de los huecos del DTM (FILL)

Aplicación de las herramientas hidrológicas. Para localizar el módulo hidrológico iremos a Spatial Analysis > Hydrology. Relleno de huecos: FILL

### 4 Cálculo de la Dirección de flujo (Flow direction)

Seleccionamos como input el archivo de salida de la operación Fill y fijamos una carpeta de salida. El GRID de salida lo llamaremos FlowDir.

El resultado es una capa GRID con un código que asigna la dirección de flujo basado en la elevación de las celdas vecinas.

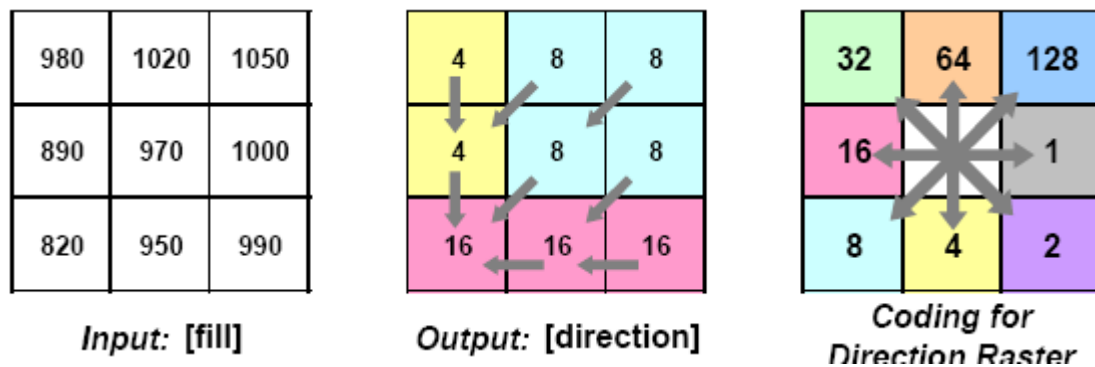


Fig. 3. Principio de cálculo del raster Flow Direction.

## 5 Cálculo de la acumulación de flujo (FlowAccumulation)

El GRID de entrada será FlowDir y seleccionamos el output y lo llamamos como FlowAcc.

De esta operación se obtendrá la red de drenaje de la cuenca. Los valores de salida son unidades al cuadrado de superficie acumulada aguas arriba al píxel.

## 6 Creación de red de drenaje y sección de salida de la cuenca

El primer paso es establecer un **umbral para la definición de la red de drenaje** de nuestra cuenca. Este umbral será el valor de flujo acumulado a partir del cual pensamos que debería fijarse la red de drenaje.

Para ello, vamos a ir a la tabla de contenidos (Table of contents> pestaña Symbology> seleccionamos classify). Si seleccionamos la metodología de clasificación “Standard Desviation” podemos ver dónde se producen los saltos más importantes en la acumulación de flujo. Seleccionaremos 3 intervalos y escogeremos el 1º valor de ruptura (Break value) que aparece. En el ejemplo de la Fig. 4 dicho valor es 108.3900297.

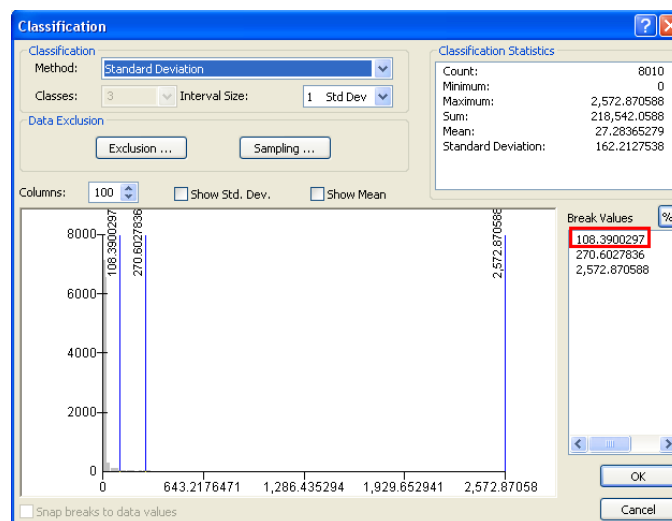


Fig. 4. Visualización de la distribución de valores de FlowAcc.

Posteriormente, vamos a establecer el umbral que defina la red de drenaje a partir de 108.3900297. Para realizar esto, usaremos la herramienta “CON” (Spatial Analyst tool > Conditional > CON), ver Fig. 5.

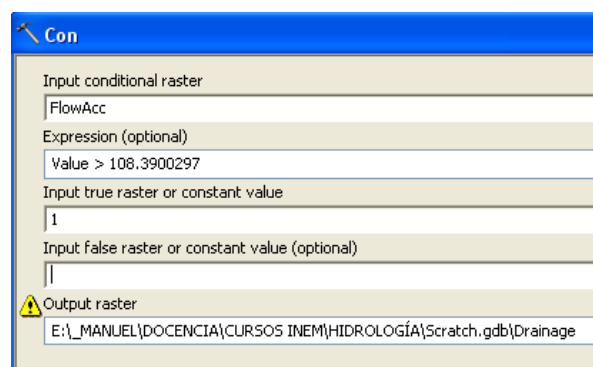


Fig. 5. Fijar un umbral de reclasificación con la herramienta condicional CON.

Posteriormente, transformaremos el GRID Drainage a shp. Para ello, usaremos la herramienta Convert the raster to features (Conversion tools > from raster > to polyline), ver Fig. 6. Deseleccionaremos la opción “Simplify polylines”. Además, fijaremos como Zero el valor de background.

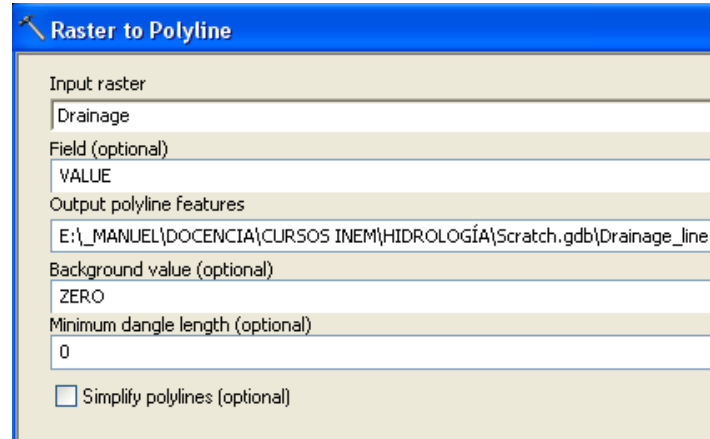


Fig. 6. Transformación del raster a línea.

## 7 Transformación de los vértices a puntos

En ArcToolbox, utilizaremos la herramienta “Feature to points” (Data Management tools > Features > Feature vertices to points). El input será Drainage\_line. En “Point type” seleccionaremos END. De esta manera solo me dará los vértices situados en los extremos de la red.

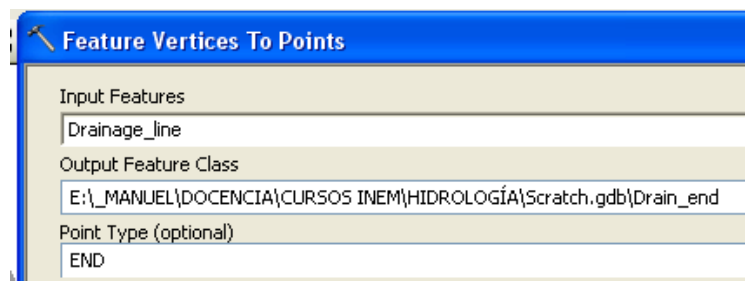


Fig. 7. Transformación de la línea a vértices situados en los extremos.

## 8 Definición de cuencas

Para calcular las cuencas podemos utilizar dos maneras posibles:

1. Definir las cuencas presentes en la zona de estudio y, posteriormente, seleccionar la cuenca que nos interese manualmente.
2. Definir la cuenca vertiente a partir de una sección de salida fijada por el usuario.

### 8.1 Creación de cuencas de manera automática

Con la herramienta “Basin” y partiendo del input FlowDir, obtendremos todas las cuencas vertientes de la zona (ver Fig. 8).

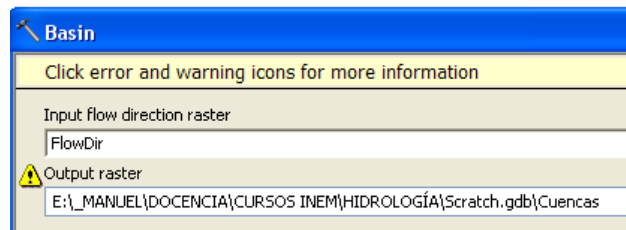


Fig. 8. Completando la herramienta Basin.

## 8.2 Creación de cuencas seleccionando una sección de salida fijada

Dentro del módulo “Hydrology”, seleccionamos “Watershed”. Los inputs pueden verse en la Fig. 9. El punto “Seccion\_salida\_Arratiecho.shp” ha sido seleccionado manualmente de los obtenidos en la capa “Drain\_end”. A diferencia del caso anterior, solo obtendremos la cuenca vertiente situada aguas arriba a la sección de salida fijada. Existe una herramienta que permite definir la sección de salida de una cuenca en caso de no conocerla. En el apartado 14.2 se describe con más detalle esta herramienta.

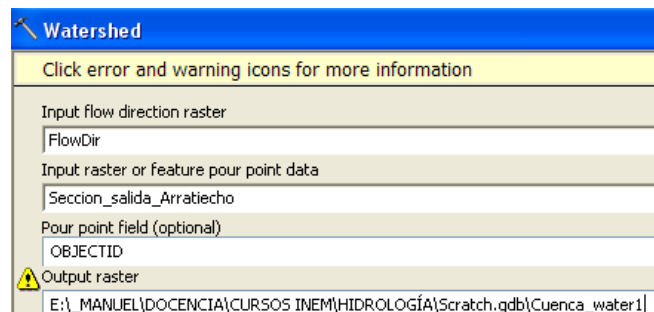


Fig. 9. Utilización de la herramienta Watershed.

**NOTA IMPORTANTE:** Antes de aplicar WATERSHED, es recomendable aplicar la herramienta Snap pour points (ver apartado 14.2). Si selecciono un punto de cerramiento de la cuenca alejado al output de Snap pour point, watershed no hace bien el cálculo.

## 9 Conversión de las cuencas de raster a vectorial

Finalmente, convertiremos las cuencas vertientes obtenidas a formato shapefile con la herramienta Raster to polygon (Conversion tools> From raster> Raster to polygon).

Esto lo haremos en las capas Cuencas.shp y la capa Cuenca\_water1.shp.

## 10 Stream order

Nos permite definir los tramos primarios (no reciben afluentes) y secundarios (reciben afluentes).

Para ello, usaremos la herramienta Stream order. Como puede verse en la Fig. 10, los inputs son el archivo saliente de la aplicación de la herramienta CON, en este caso el GRID Drainage, y el raster GRID de flujo de direcciones FlowDir. Como resultado obtenemos un GRID con una columna “Value” que asigna un valor de 1 a los tramos primarios y 2 a los secundarios.

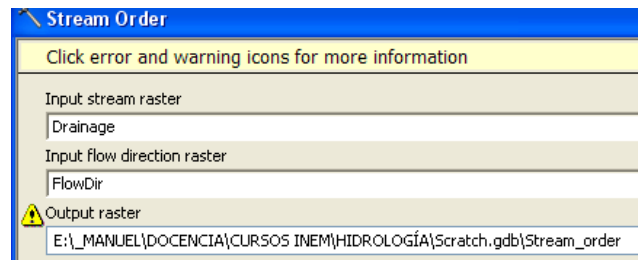


Fig. 10. Aplicación de la herramienta Stream Order.

## 11 Stream link

Esta herramienta asigna un valor a cada subtramo de la red de drenaje. La red de drenaje se dividirá en los puntos de conexión de los afluentes. Los inputs son los mismos que en el caso anterior (ver Fig. 11).

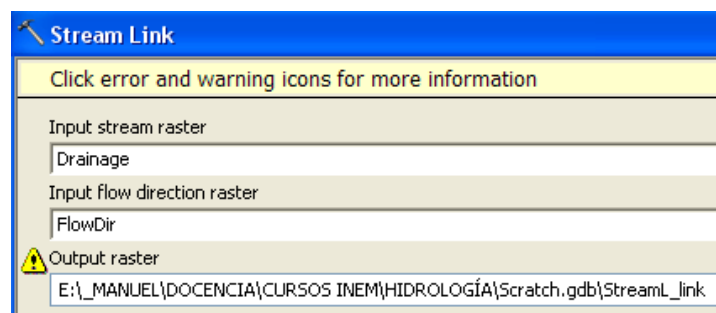


Fig. 11. Preparación de la herramienta Stream link.

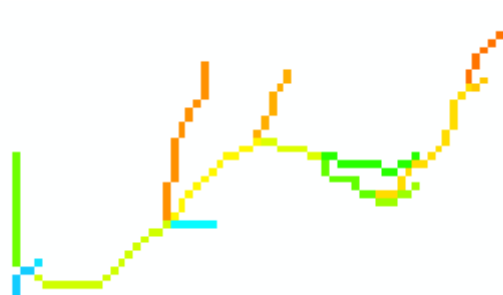


Fig. 12. Resultado de aplicar Stream link. Cada subtramo recibe un valor diferente.

## 12 Stream to feature

Esta herramienta permite transformar el GRID Drainage a shapefile. Es proceso similar a la transformación realizada indicada en el apartado 9, pero con la excepción de que establece el orden de conexión entre los nodos (from\_node to\_node).

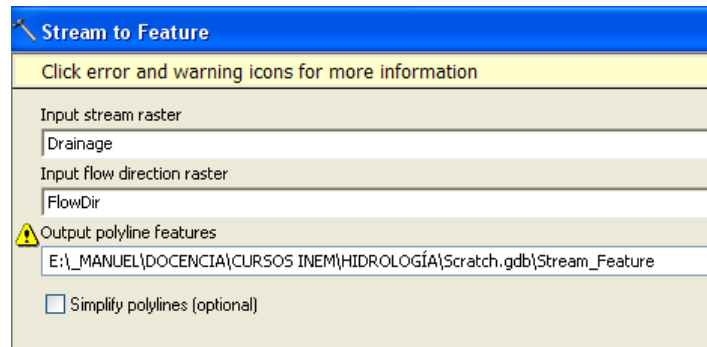


Fig. 13. Rellenando los inputs de Stream to Feature.

### 13 Stream Length

Esta herramienta permite calcular la distancia aguas arriba o aguas abajo de una cuenca. Los valores más altos se obtendrán en aquellos cauces que reciben más acumulación de agua.

Los inputs son los siguientes y output pueden verse en las Fig. 14 y Fig. 15.

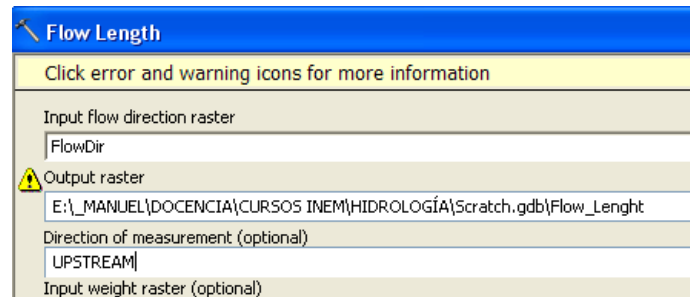


Fig. 14. Preparando la herramienta Flow Length.

Los valores resultantes vienen referidos a superficie acumulada aguas arriba a la celda de estudio.



Fig. 15. Resultado de la herramienta.



## 14 Otras herramientas

### 14.1 Sink

La herramienta SINK define la celda o serie de celdas conectadas cuyo flujo no puede ser asignado por los 8 valores validos para los GRID Flow Direction. Esto puede ocurrir cuando todas las celdas vecinas a éstas tienen valores más altos de elevación (se localiza una depresión del terreno) o cuando dos celdas establecen un flujo entre ellas, creando un flujo erróneo entre ellas.

Las celdas que se obtienen al aplicar la herramienta SINK se consideran que tienen un flujo que no puede definirse y reciben un valor correspondiente a la suma de sus posibles direcciones. Por ejemplo, si la zona con mayor pendiente y, por tanto, de dirección de flujo más probable son similares a ir a la derecha (1) y a la izquierda (16) al mismo tiempo, estas celdas recibirán el valor de 17 como dirección de flujo.

<http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?TopicName=How%20Sink%20works>

### 14.2 Snap pour points

Snap pour point es una herramienta que permite determinar los puntos correspondientes a la sección de salida de cada cuenca. Esta herramienta define las celdas con mayores valores de flujo acumulado dentro de un valor de distancia establecida por el usuario.

Esta herramienta se utiliza para asegurar la selección de la sección de salida correcta en una cuenca. Esto es necesario para definir correctamente la herramienta Watershed. El input que debe establecerse son las secciones de salida que pensamos que podrían ser a simple vista y la distancia de búsqueda (generalmente fijada al comprobar la longitud máxima de la cuenca en estudio, ver Fig. 16). La herramienta estimará la máxima acumulación de flujo existente dentro de dichos puntos (ver Fig. 17).

El output será la localización de la sección de salida de la cuenca. Esta localización la realiza ArcGIS a partir de los puntos de sección de salida potenciales, los cuales son movidos a la posición que la herramienta considera que deberían estar para conseguir la máxima acumulación de flujo.

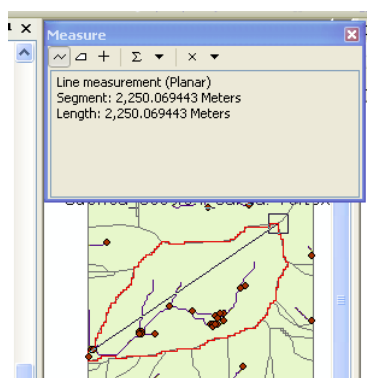


Fig. 16. Medimos con la regla para definir la distancia de búsqueda.

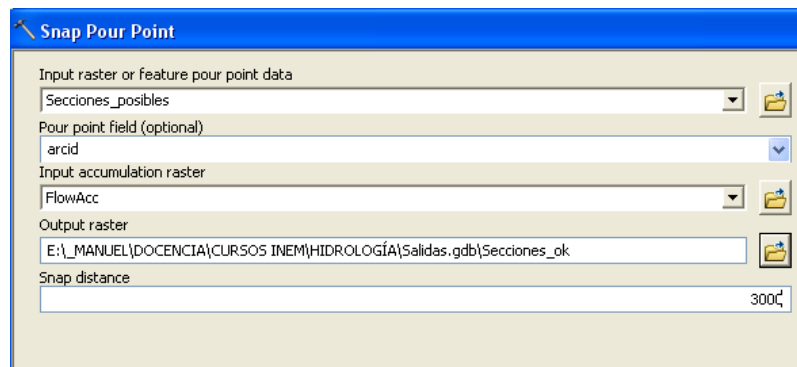


Fig. 17. Completando la herramienta Snap Pour Point con los diferentes inputs.

## 15 Cálculo de distancia acumulada para la creación del perfil longitudinal de la cuenca

Si quisiéramos calcular la distancia acumulada de la capa obtenida como Stream Feature deberíamos introducir una nueva columna con la siguiente operación que calcula la distancia acumulada por una red.

Para calcular los valores de altura de cada tramo, debemos cortar la línea del río en cada uno de sus vértices (Data Management Tool>Feature > Split line at vertices). Además, necesito obtener la capa de vértices (Data Management Tool>Feature > Feature Vertices To Point). El siguiente paso es proyectar las capas en 2D a 3D. Para ello, iremos a 3D Analyst tool>Functional Surface >Interpolate Shape (la superficie de interpolación será el DTM). Si aplicamos esto al río dividido en tramos y a los vértices, puedo añadir un campo en la capa de vértices para introducir la coordenada Z. En la capa del río proyectada en 3D podemos calcular la longitud de cada tramo y, posteriormente, tras ordenar las filas, podemos hacer un segundo cálculo de distancia acumulada con la expresión en PYTHON que muestra la Fig. 18.

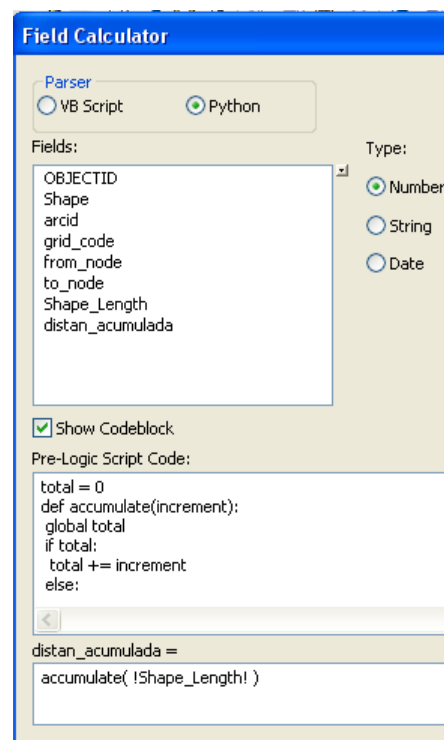


Fig. 18. Realización de cálculo de distancia acumulada a partir de una columna de distancias

“Shape\_lenght” en Field Calculator con un código Python.

Puedes consultar otros cálculos para realizar en la calculadora de campo (Field Calculator) en:

<http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//005s0000002m000000>

<http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//00170000004s000000>

## 16 Licencia Creative Commons



Reconocimiento – No Comercial – Sin Obra Derivada (by-nc-nd): No se permite un uso comercial de la obra original ni la generación de obras derivadas.

Para más información, puedes consultar:

<http://es.creativecommons.org/licencia/>

## 17 Diagrama para del ejercicio con Model Builder

